

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-346448

(43) 公開日 平成6年(1994)12月20日

(51) Int.Cl.⁵

E 0 2 D 17/13

E 2 1 B 7/10

44/00

識別記号

B 7505-2D

9229-2D

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平5-136274

(22) 出願日 平成5年(1993)6月7日

(71) 出願人 000002299

清水建設株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番3号

(72) 発明者 出口 種臣

東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設

株式会社内

(72) 発明者 青木 義清

東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設

株式会社内

(72) 発明者 渡辺 俊雄

東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設

株式会社内

(74) 代理人 弁理士 柳田 良徳 (外3名)

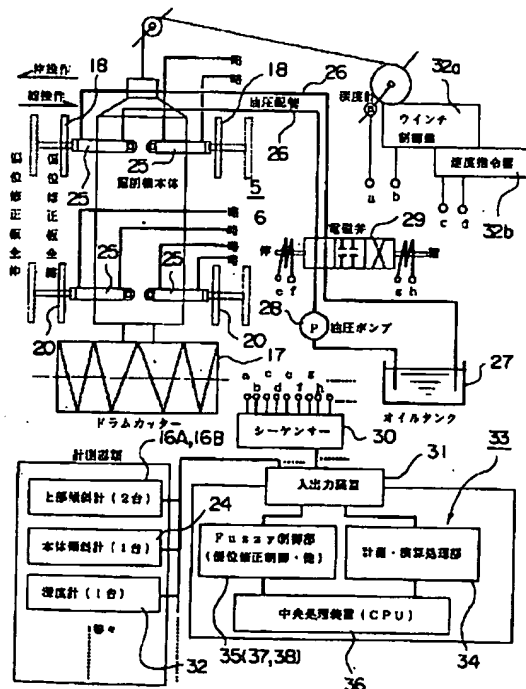
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 掘削機の自動偏位修正方法及び装置並びに掘削機の掘削速度制御方法

(57) 【要約】

【目的】 オペレータの技量等に左右されることなく、掘削機の目標からのズレ(偏位)を自動的に修正することができる掘削機の自動偏位修正方法および装置並びに掘削機の掘削速度を適切に制御することができる掘削速度制御方法を提供することを目的としている。

【構成】 掘削中における掘削機5の位置の制御目標に対する偏位量、および偏位量の変化率に対してファジィ推論を施して、ジャッキ部25の伸縮を、所定の短周期ごとに制御するとともに、偏位量の平均値、および偏位量の正負の符号反転度数にファジィ推論を施して、前記ジャッキ部25の伸縮を前記短周期より長い長周期ごとに制御することにより、偏位修正制御部37による制御結果から時々刻々変わる制御性能を評価し、ゲイン調整制御部38によってゲインを調整して、偏位修正制御部から導出された操作量(ジャッキ部の伸縮操作量)を修正する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 掘削機を降下させることによって地盤を掘削する際における前記掘削機の制御目標からの偏位を自動的に修正する方法であって、

掘削中における前記掘削機の位置の制御目標に対する偏位量、およびこの偏位量の変化率を演算する過程と、前記偏位量および偏位量の変化率に対してファジィ推論を施して、前記掘削機に設けられて、伸縮することにより掘削機を目標に近付けるジャッキ部の伸縮を、所定の短周期ごとに制御する偏位修正制御過程と、

前記偏位量の平均値、および偏位量の正負の符号反転度数にファジィ推論を施して、前記ジャッキ部の伸縮を前記短周期より長い長周期ごとに制御するゲイン調整制御過程とを具備することを特徴とする掘削機の自動偏位修正方法。

【請求項2】 掘削機を降下させることによって地盤を掘削する際における前記掘削機の制御目標からの偏位を自動的に修正する装置であって、

掘削中における前記掘削機の位置の制御目標に対する偏位量、およびこの偏位量の変化率を演算する計測演算処理部と、

前記偏位量および偏位量の変化率に対してファジィ推論を施して、前記掘削機に設けられて、伸縮することにより掘削機を目標に近付けるジャッキ部の伸縮を、所定の短周期ごとに制御する偏位修正制御部と、

前記偏位量の平均値、および偏位量の正負の符号反転度数にファジィ推論を施して、前記ジャッキ部の伸縮を前記短周期より長い長周期ごとに制御するゲイン調整制御部とを具備することを特徴とする掘削機の自動偏位修正装置。

【請求項3】 請求項1記載の掘削機の自動偏位修正方法によって、掘削機の偏位を修正しつつ該掘削機によって掘削を行うに際し、該掘削機の本体傾斜角および偏位量に対して上限値と下限値を設定し、この上限値と下限値との間の管理値内に前記掘削機が偏位している場合は、掘削機の掘削速度を増速し、また、前記管理値外に前記掘削機が偏位している場合は、掘削機の掘削速度を減速することを特徴とする掘削機の掘削速度制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、地中連続壁等を構築するための掘削壁溝の掘削に使用される掘削機を鉛直に降下させる際に、該掘削機の目標からのズレ（偏位）を自動的に修正することができる掘削機の自動偏位修正方法および装置並びに掘削機の掘削速度を適切に制御することができる掘削速度制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば、土留め壁、構造物の基礎等に使用される地中連続壁を構築する場合、地中連続壁を構築する地盤に掘削壁溝を形成し、この掘削壁溝に鉄筋等を

2

挿入するとともに、コンクリートを打設することにより行っている。前記掘削壁溝を掘削する場合、通常、掘削機本体の下端部に、水平軸回りに回転するドラム状の掘削部が設けられてなる水平多軸型掘削機を吊り下げて降下させることにより行っている。この掘削壁溝の鉛直精度を確保するには、前記掘削機を正確に鉛直下方に降下させて掘削する必要があるが、当該掘削機は、地盤の状態や、掘削機自体の掘削条件等によって目標から偏位するため、掘削中に偏位を修正するようにしている。

10 【0003】 従来、前記偏位修正は、地中連続壁掘削精度管理装置（システム）による画像、グラフ、文字情報等をリアルタイムでオペレータに提供することにより、複数の偏位修正板の選択操作によって行っている。なお、これら複数の偏位修正板は、掘削機の複数の箇所に取り付けられた油圧ジャッキに取り付けられ、これら油圧ジャッキを水平方向に適宜伸縮させて、偏位修正板を掘削壁溝の壁面に当接することによって、掘削機を掘削壁溝内で水平移動、回転移動させることによって掘削機の偏位を修正するようになっている。

20 【0004】 前記選択操作は以下のようにして行っている。

（1）偏位量、偏位量の変化率から偏位修正板の操作パターンを決める。これらの選択操作を何回が繰り返すことにより、ある期間の適性な操作パターンと操作量を決定する。

（2）上記操作をしているにも拘らず、偏位修正板の効き具合が変化してきた場合はまた新たな操作パターン、操作量で対処する。

30 （3）偏位修正操作をしているにも拘らず、偏位量が減少しないとき、または他の観測可能な要因（計測データ等）から、掘削機の巻下げ速度（または貫入力）を減少操作する。

（4）安定して偏位量が小さく、また他の複数の観測可能な要因（計測データ等）から、掘削機の巻下げ速度（または貫入力）を増加操作する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上述したようなオペレータによる選択操作では、オペレータの技量、熟練度等の違いにより、さらにはオペレータにより判断基準に曖昧性があるため、前記偏位修正板の操作性が異なり、均一な品質（掘削精度、掘削工期等）を確保することが難しく、長期の訓練期間を要していた。また、オペレータの技量不足等のために、適性な偏位修正板の操作パターン、操作量を得ることができない場合、掘削機の掘削速度を適切に制御することが困難であった。

50 【0006】 本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、オペレータの技量等に左右されることなく、掘削機の目標からのズレ（偏位）を自動的に修正することができる掘削機の自動偏位修正方法および装置並びに掘削機

3

の掘削速度を適切に制御することができる掘削速度制御方法を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の請求項1の掘削機の自動偏位修正方法は、掘削中における掘削機の位置の制御目標に対する偏位量、およびこの偏位量の変化率を演算する過程と、前記偏位量および偏位量の変化率に対してファジィ推論を施して、前記掘削機に設けられて、伸縮することにより掘削機を目標に近付けるジャッキ部の伸縮を、所定の短周期ごとに制御する偏位修正制御過程と、前記偏位量の平均値、および偏位量の正負の符号反転度数にファジィ推論を施して、前記ジャッキ部の伸縮を前記短周期より長い長周期ごとに制御するゲイン調整制御過程とを具備することを特徴としている。

【0008】また、請求項2の掘削機の自動偏位修正装置は、掘削中における掘削機の位置の制御目標に対する偏位量、およびこの偏位量の変化率を演算する計測演算処理部と、前記偏位量および偏位量の変化率に対してファジィ推論を施して、前記掘削機に設けられて、伸縮することにより掘削機を目標に近付けるジャッキ部の伸縮を、所定の短周期ごとに制御する偏位修正制御部と、前記偏位量の平均値、および偏位量の正負の符号反転度数にファジィ推論を施して、前記ジャッキ部の伸縮を前記短周期より長い長周期ごとに制御するゲイン調整制御部とを具備することを特徴としている。

【0009】請求項3の掘削機の掘削速度制御方法は、請求項1の掘削機の自動偏位修正方法によって、掘削機の偏位を修正しつつ該掘削機によって掘削を行うに際し、該掘削機の本体傾斜角および偏位量に対して上限値と下限値を設定し、この上限値と下限値との間の管理値内に前記掘削機が偏位している場合は、掘削機の掘削速度を増速し、また、前記管理値外に前記掘削機が偏位している場合は、掘削機の掘削速度を減速することを特徴としている。

【0010】

【作用】請求項1および2の発明にあっては、掘削中における掘削機の位置の制御目標に対する偏位量、および偏位量の変化率に対してファジィ推論を施して、ジャッキ部の伸縮を、所定の短周期ごとに制御するとともに、偏位量の平均値、および偏位量の正負の符号反転度数にファジィ推論を施して、前記ジャッキ部の伸縮を前記短周期より長い長周期ごとに制御することにより、偏位修正制御部による制御結果から時々刻々変わる制御性能を評価し、ゲイン調整制御部によってゲインを調整して、偏位修正制御部から導出された操作量（ジャッキ部の伸縮操作量）を修正する。

【0011】また、請求項3の発明にあっては、掘削機の本体傾斜角および偏位量に対して上限値と下限値を設定し、この上限値と下限値との間の管理値内に前記掘削

4

機が偏位している場合は、掘削機の掘削速度を増速し、また、前記管理値外に前記掘削機が偏位している場合は、掘削機の掘削速度を減速することにより、偏位量の推移が極めて安定している場合は、掘削速度を増速して掘削時間を短縮する一方、偏位量が管理値外（上下限值より外側）にある場合は、掘削速度を減速して、偏位量の修正回復を速やかに行う。

【0012】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の掘削機の自動偏位修正方法および装置の一実施例について説明する。まず、図1および図2を参照して掘削機を含む掘削装置全体を説明する。図1において、符号2Aおよび2Bはスライドベースであって、掘削箇所の両側にX軸方向へ（図1の左右方向へ）並べて配置されている。これらスライドベース2A、2Bの上面には、支持台3A、3Bがそれぞれ固定されている。該支持台3A、3Bには、スライドテーブル4YA、4YBがY軸方向（図1の紙面と直交する方向）に移動自在に支持され、該スライドテーブル4YA、4YBには、スライドテーブル4XA、4XBが前記X軸方向に移動自在に支持されている。

【0013】前記スライドベース2A、2Bには、掘削機5の掘削機本体6を吊下げるためのワイヤー8が巻取られるワイヤーリール10がそれぞれ設けられている。これらのワイヤーリール10に巻取られているワイヤー8の先端は、スライドテーブル4XA、4XBの下面の固定シーブ12および掘削機本体6の上部のリターンシーブ14を経由して、スライドテーブル4XA、4XBにそれぞれ固定されている。また前記ワイヤー8とスライドテーブル4XA、4XBとの固定箇所には、それぞれ上部傾斜計16A、16Bが設けられていて、ワイヤー8の傾斜（鉛直方向に対する角度）を測定するようになっている。

【0014】前記掘削機本体6は、先端に設けられたドラムカッター17を回転させることにより掘削を行う。掘削機本体6の4つの側面には、それぞれの上部と中部に、固定ガイド板22…が設けられている。各固定ガイド板22は、図示しない駆動機構によって、掘削機本体6の側面から一定距離だけ突出可能とされており、これら固定ガイド板22…を突出させて、掘削溝の壁面に当接させることによって掘削機本体6を掘削溝内で支持するようになっている。また、前記ドラムカッター17の姿勢は、前記固定ガイド板22…に取り付けられた上部偏位修正板18、中部偏位修正板19、および掘削機本体6の側面下部に取り付けられた下部偏位修正板20を水平方向へ出し入れして掘削壁溝（ガット）21との間隔を調整することによって修正されるようになっている。また掘削機本体6の側部には、掘削機本体6の側部から一定距離にわたって突出する固定ガイド板22が複数設けられている。なお符号24は掘削機本体6の姿勢

を測定する本体傾斜計である。

【0015】前記各偏位修正板18, 19, 20は、図2に示すように、掘削機本体6に取り付けられた複数の油圧ジャッキ25…に取り付けられており、これら油圧ジャッキ25…を伸縮させることによって、独立に水平方向に出し入れされるようになっている。なお、図2においては上部および下部の偏位修正板18, 20を示し、中部偏位修正板19は省略してある。上記各油圧ジャッキ25は油圧配管26を介してオイルタンク27と接続されており、油圧配管26には油圧ポンプ28と電磁弁29とが取り付けられている。この電磁弁29の端子e, f, g, hはそれぞれシーケンサ30の端子e, f, g, hに接続され、このシーケンサ30は入出力装置31に接続されている。この入出力装置31には、前記上部傾斜計16A, 16B、本体傾斜計24、深度計32等の入力系の計測器類が接続されるとともに、出力系の処理部33が接続されている。なお、図2において、符号32aはウインチ制御盤、符号32bは速度指令器をそれぞれ示し、それぞれの端子b, c, dは前記シーケンサ30の対応する端子に接続されており、また深度計32は上記入出力装置31に接続されている。

【0016】前記処理部33は、掘削中における前記掘削機の位置とこの掘削機の制御目標との偏位量、およびこの偏位量の変化率を演算する計測演算処理部34と、ファジィ制御部35と、これら計測演算処理部34およびファジィ制御部35に接続された中央処理装置(CPU)36を主体として構成されている。ファジィ制御部35は、図3に示すように、前記偏位量および偏位量の変化率に対してファジィ推論を施して、前記掘削機5に設けられて、伸縮することにより掘削機5を目標に近付ける油圧ジャッキ(ジャッキ部)25の伸縮を、所定の短周期ごとに制御する偏位修正制御部37と、前記偏位量の平均値、および偏位量の正負の符号反転度数にファジィ推論を施して、前記油圧ジャッキ25の伸縮を前記短周期より長い長周期ごとに制御するゲイン調整制御部38とで構成され、偏位修正制御部37による制御結果から時々刻々変わる制御性能を評価し、ゲイン調整制御部38によってゲインを調整して、偏位修正制御部37から導出された操作量を修正するようになっている。

【0017】そして、上記構成の掘削装置では、上部傾斜計16A, 16Bと深度計32および本体傾斜計24によって検出された角度データと掘削機長に基づいて掘削機5の偏位量管理点A, B, C, Dの位置を演算し、この演算された値と目標値とを比較し、後述するようなファジィ推論を施して、前記偏位修正板18, 19, 20を出し入れすることによって、掘削機5の偏位を修正するようになっている。なお、図4は掘削機5に設置された偏位修正板の位置関係、掘削機5の偏位量管理点A, B, C, Dの位置、およびそれらの点の偏位方向に対する符号の定義を示した図であり、(1)~(12)が偏位

修正板を示している。

【0018】ここで、前記上部傾斜計16A, 16Bおよび本体傾斜計24によって検出された角度データに基づいて前記偏位量管理点A, B, C, Dの位置を演算する手順を図5を参照して説明する。すなわち、上部傾斜計16A, 16Bから得られるデータは、XY両方向へのワイヤーの傾斜角(左側の上部傾斜角 θ_{LX} θ_{LY} 、右側の上部傾斜角 θ_{RX} θ_{RY})のデータ、および本体傾斜計24により測定された本体の傾斜角($\Theta X'$, $\Theta Y'$)のデータであり、これらのデータと、掘削機長、掘削機本体各部の寸法とにより、ドラムカッター17の中心軸の一端の点Cの座標X(L), Y(L), および他端の点Dの座標X(R), Y(R)が下記の式に基づいて演算される。

【0019】上記点C, Dの位置は、ワイヤーの傾斜角に基づいて算出される掘削機本体16の上端の二点AおよびB(具体的には左右のリターンシーブ14の偏位量XL, YL, およびXR, YR)と、掘削機本体6の傾斜のみによって幾何学的に定まるドラムカッター17の両端の点C, Dの偏位量 x' , y' とから算出される。

【0020】上記点A, Bの偏位量は、
A(左側): X方向偏位量 $XL = De \times \tan(\theta_{LX}) / b$
Y方向偏位量 $YL = De \times \tan(\theta_{LY}) / b$
B(右側): X方向偏位量 $XR = De \times \tan(\theta_{RX}) / d$
Y方向偏位量 $YR = De \times \tan(\theta_{RY}) / d$
となる。

【0021】また掘削機本体6の傾きのみによって生じるドラムカッター17の両端の点C, Dの偏位量は、X, Y座標に対して $-\alpha$ 度回転させてなる X' , Y' 座標において、
X'方向偏位量 $x' = L \times \tan(\Theta X') / f$
Y'方向偏位量 $y' = L \times \tan(\Theta Y') / f$
合成方向偏位量 $z' = L \times e / f$
となる。

【0022】ただし、
 θ_{LX} , θ_{LY} は左側の上部傾斜角
 θ_{RX} , θ_{RY} は右側の上部傾斜角
 $\Theta X'$, $\Theta Y'$ は本体傾斜角
Lは掘削機本体の全長
Deは偏位量計算深度

であり、また、
 $a = \{ \tan^2(\theta_{LX}) + \tan^2(\theta_{LY}) \}^{1/2}$
 $b = \{ \tan^2(\theta_{LX}) + \tan^2(\theta_{LY}) + 1 \}^{1/2}$
 $c = \{ \tan^2(\theta_{RX}) + \tan^2(\theta_{RY}) \}^{1/2}$
 $d = \{ \tan^2(\theta_{RX}) + \tan^2(\theta_{RY}) + 1 \}^{1/2}$
 $e = \{ \tan^2(\Theta X') + \tan^2(\Theta Y') \}^{1/2}$
 $f = \{ \tan^2(\Theta X') + \tan^2(\Theta Y') + 1 \}^{1/2}$
とする。

【0023】ここに、 X' 、 Y' 座標上の点(x' 、 y')を、時計回り(右回り)に α 度回転させてなる X 、 Y 座標に変換したときの座標を(x 、 y)とし、また、図5における各線分の長さを、 $OL-OR=A-B=C-D=P$ (実施例では $P=2900\text{mm}$)とすると、 $\cos \alpha = (P-XL+XR)/P$ 、または、 $\sin \alpha = (YL-YR)/P$

であるから、

$$\alpha = \cos^{-1} \{ (P-XL+XR)/P \} = \sin^{-1} \{ (YL-YR)/P \}$$

$$x = x' \times \cos \alpha + y' \times \sin \alpha$$

$$y = -x' \times \sin \alpha + y' \times \cos \alpha$$

となる。したがって、左右の点OLとORとを原点とする $X-Y$ 座標系におけるドラムカッター16の回転中心軸の両端C、Dの座標、つまり偏位量は下記の通りである。

$$X(L) = XL + x = De \times \tan(\theta LX) / b + x' \times *$$

偏位量:	-100mm	0mm	+100mm	設定可変
規格値:	-1.0	0	+1.0	

②偏位量の偏差の変化率

20※る。

初期状態で偏位量の変化率を以下の規格値に対応させ※

偏位量の変化率:	-50mm	0mm	+50mm	設定可変
規格値	-1.0	0	+1.0	

③操作量

★ ★初期状態で操作量を以下の規格値に対応させる。

操作量:	-15sec	0sec	+15sec	設定可変
規格値	-1.0	0	+1.0	

ただし、正の操作量は:(3)、(4)、(7)、(8)、(9)、(11)

負の操作量は:(1)、(2)、(5)、(6)、(10)、(12)

用の油圧シリンダに操作量分のオイルを供給し、それぞれの偏位量修正板を伸操作するものとする。

【0025】そして、掘削中において、一定周期ごとに偏位量を求めるとともに、この偏位量の変化率を求め、これらにファジィ推論を施す。このファジィ推論について説明すると以下ようになる。図6ないし図8記載された図形は、それぞれ偏位量、例えば(YL)のメンバーシップ関数、偏位量の変化率(ΔYL)のメンバーシップ関数、操作量の増分(ΔuLY)のメンバーシップ関数の一例を示す。また、図9において、NB、NM、NS、ZO、PS、PM、PBは、前記偏位量(YL)、偏位量の変化率(ΔYL)のファジィ集合であり、各ファジィ集合には、NB:負に大きい、NM:負に中くらい、NS:負に小さい、ZO:ほぼゼロ、PS:正に小さい、PM:正に中くらい、PB:正に大きい、に該当する値がそれぞれ属す。

【0026】さて、偏位量(YL)の規格値が α 、偏位量の変化率(ΔYL)の規格値が β である場合を考える。この場合、偏位量(YL)はファジィ集合NMあるいはNBのどちらの要素にも成り得るし、また偏位量の変化率(ΔYL)はファジィ集合NSあるいはNMのど

$$* \cos \alpha + y' \times \sin \alpha$$

$$Y(L) = YL + y = De \times \tan(\theta LY) / b - x' \times \sin \alpha + y' \times \cos \alpha$$

$$X(R) = XR + x = De \times \tan(\theta RX) / d + x' \times \cos \alpha + y' \times \sin \alpha$$

$$Y(R) = YR + y = De \times \tan(\theta RY) / d - x' \times \sin \alpha + y' \times \cos \alpha$$

【0024】上記のようにして掘削機5の各管理点A、B、C、Dの偏位量を知ることができる。次に、管理点A、B、C、Dのそれぞれについて、ファジィ推論を施して制御を行うのであるが、その前に、以下の通り物理量(制御量、操作量)の規格化を行う。

①偏位量の偏差

偏位に関しては、制御量の目標値が零($R0=0$)であるから、偏差=偏位量 となる。初期状態で偏位量を以下の規格値に対応させる。

これらの要素にもなり得る。したがって、演算すべきケースとして、(a)偏位量(YL)=NM、かつ、偏位量の変化率(ΔYL)=NSの場合、(b)偏位量(YL)=NM、かつ、偏位量の変化率(ΔYL)=NMの場合、(c)偏位量(YL)=NB、かつ、偏位量の変化率(ΔYL)=NSの場合、(d)偏位量(YL)=NB、かつ、偏位量の変化率(ΔYL)=NMの場合、の4通りがある。

【0027】そして、上記4通りの場合の、それぞれのグレード(適合度)を次のようにして求める。図10に示すように、メンバーシップ関数の直線式において、横軸をa~gの各点で区切ると、各区間の直線式は次のようになる。

①区間:a~bでは、NB直線は(a, 1)、(b, 0)の2点を通る直線であるから、NB直線、 $Y = \{ (0-1) / (b-a) \} * (X-a) + 1$ 、NM直線は(a, 0)、(b, 1)の2点を通る直線であるから、NM直線、 $Y = \{ (1-0) / (b-a) \} * (X-a) + 0$ 、

②区間:b~cでは、

NM直線、 $Y = \{ (0-1) / (c-b) \} * (X-b) + 1$ 、

9

NS直線、 $Y = \{ (1-0) / (c-b) \} * (X-b) + 0$ 、

③区間：c～dでは、

NS直線、 $Y = \{ (0-1) / (d-c) \} * (X-c) + 1$ 、

Z0直線、 $Y = \{ (1-0) / (d-c) \} * (X-c) + 0$ 、

④区間：d～eでは、

Z0直線、 $Y = \{ (0-1) / (e-d) \} * (X-d) + 1$ 、

PS直線、 $Y = \{ (1-0) / (e-d) \} * (X-d) + 0$ 、

⑤区間：e～fでは、

PS直線、 $Y = \{ (0-1) / (f-e) \} * (X-e) + 1$ 、

PM直線、 $Y = \{ (1-0) / (f-e) \} * (X-e) + 0$ 、

⑥区間：f～gでは、

PM直線、 $Y = \{ (0-1) / (g-f) \} * (X-f) + 1$ 、

PB直線、 $Y = \{ (1-0) / (g-f) \} * (X-f) + 0$ 、

となる。

【0028】今、YLにおいて、 $a < \alpha < b$ 、 ΔYL において、 $b < \beta < c$ 、とすると、

①YLに対するグレードは、NB直線上のグレードを $Y\alpha$ (NB) とすると、

$Y\alpha$ (NB) = $\{ (0-1) / (b-a) \} * (\alpha-a) + 1$ 、

NM直線上のグレードを $Y\alpha$ (NM) とすると、

$Y\alpha$ (NM) = $\{ (1-0) / (b-a) \} * (\alpha-a) + 0$ 、

となる(図11参照)。

② ΔYL に対するグレードは、NB直線上のグレードを $Y\beta$ (NB) とすると、

$Y\beta$ (NB) = $\{ (0-1) / (c-b) \} * (\beta-b) + 1$ 、

NS直線上のグレードを $Y\beta$ (NS) とすると、

$Y\beta$ (NS) = $\{ (1-0) / (c-b) \} * (\beta-b) + 0$ 、

となる(図12参照)。

【0029】次に、上記4通りの場合において、それぞれのグレード(適合度)を比較して、その値の小さい方を採用し、小さい方のグレードに対応する上記操作量の増分(ΔuLY)のメンバーシップ関数における面積および重心点のX座標を求める。

①図10および図13～図16に示すように、後件部のメンバーシップ関数(ΔuLY のメンバーシップ関数)がNM、NS、Z0、PS、PMのような三角形の場合、重心点のX座標は三角形の頂点のX座標であるから

10

既知である。つまり、

NM: $X=b$ 、 NS: $X=c$ 、 Z0: $X=d$ (一般には $=0$)

PS: $X=e$ 、 PM: $X=f$

である。

【0030】面積、すなわち上記メンバーシップ関数の直線と、X軸と、上記小さい方のグレードの値を示す直線とで囲まれた台形部分の面積は次のようにして求める。図17において、点p、r、tおよび $Y\gamma$ は既知であるので、点q、sのX座標が解れば上記台形部分の面積を求めることができる。直線Aは、 $X = \{ (r-p) / (1-0) \} * (Y-0) + p$ であり、この式において $Y = Y\gamma$ とすれば、qのX座標を求めることができる。

$X=q = \{ (r-p) / (1-0) \} * (Y\gamma-0) + p$

直線Bは、 $X = \{ (t-r) / (0-1) \} * (Y-1) + r$ であり、この式において $Y = Y\gamma$ とすれば、sのX座標を求めることができる。

$X=s = \{ (t-r) / (0-1) \} * (Y\gamma-1) + r$

したがって、上記台形部分の面積Sは、

20 $S = (L1+L2) * Y\gamma / 2 = \{ |s-q| + |t-p| \} * Y\gamma / 2$ である。

【0031】②図18に示すように、後件部のメンバーシップ関数(ΔuLY のメンバーシップ関数)がNB、PBのような直線状の場合、メンバーシップ関数の直線と、X軸と、上記小さい方のグレードの値を示す直線とで囲まれた台形部分の面積は、 $S = \{ |r-q| + |r-p| \} * Y\gamma / 2$ となる。なお、点qのX座標は、上記と同様にして直線AまたはBの式を求め、その式において $Y = Y\gamma$ とすることにより求めることができる。

30 $X=q = \{ (r-p) / (1-0) \} * (Y\gamma-0) + p$

さて、上記台形内の三角形および矩形の面積 $S1$ 、 $S2$ はそれぞれ、 $S2 = |r-q| * Y\gamma$ 、 $S1 = |q-p|$ となり、また、矩形および三角形のX軸上の重心点をそれぞれn、mとすると、 $L1 = (q-p) * 2/3$ 、 $L2 = \{ r - (r-q) / 2 \} + (q-p)$ となる。したがって、台形の重心点Gまでの距離を $L3$ (符号も含めて) とすると、

$S * L3 = S2 * L2 + S1 * L1$

$L3 = (S2 * L2 + S1 * L1) / S$ となる。以上で、

40 ファジィ推論の結論部演算のための条件が揃ったことになる。

【0032】次に、具体例を説明する。前件部条件として、メンバーシップ関数NB、NM、NS、Z0、PS、PM、PBの各頂点のX座標(規格値)を以下のよう

$a=-1.0$ 、 $b=-2/3$ 、 $c=-1/3$ 、 $d=0$ 、 $e=+1/3$ 、

$f=+2/3$ 、 $g=+1.0$

また、制御量の規格値 α 、 β が、 $\alpha=-0.80$ 、 $\beta=-0.35$ であったとする。

【0033】(A) 偏位置(YL) = NM、かつ、偏位

11

量の変化率 (ΔYL) = NS の場合 (図 13 参照)、 α - NM 直線において、YL に対するグレード $Y\alpha$ (NM) は、

$$Y\alpha(NM) = \{ (1-0) / (b-a) \} * (\alpha-a) + 0.6,$$

β - NS 直線において、 ΔYL に対するグレード $Y\beta$ (NS) は、

$$Y\beta(NS) = \{ (1-0) / (c-b) \} * (\beta-b) + 0.95,$$

である。したがって、小さい方の値 $Y\alpha$ (NM) = +0.6 を採用する。一方、偏位量 (YL) がファジィ集合 NM に属し、かつ偏位量の変化率 (ΔYL) がファジィ集合 NS に属する場合、図 9 に示す表にしたがって操作量の増分 (ΔuLY) のファジィ集合として PS が選択される。よって、後件部 (ΔuLY のメンバーシップ関数) における PS 関数で、 $p=+2/3$ 、 $r=+1/3$ 、 $t=0$ であるから、 q 、 s は、

$$q = \{ (r-p) / (1-0) \} * \{ Y\alpha(NM) - 0 \} + p = +0.47$$

$$s = \{ (t-r) / (0-1) \} * \{ Y\alpha(NM) - 1 \} + r = +0.2 \quad \text{となる。したがって、台形部分の面積 SA は、}$$

$$SA = \{ |s-q| + |t-p| \} Y\alpha(NM) / 2 = (0.27 + 0.76) * 0.6 / 2 = 0.28 \quad \text{となる。また、重心点の X 座標は、} X = e = +1/3 \text{ である。}$$

【0034】(B) 偏位量 (YL) = NM、かつ、偏位量の変化率 (ΔYL) = NM の場合 (図 14 参照)、 α - NM 直線において、YL に対するグレード $Y\alpha$ (NM) は、

$$Y\alpha(NM) = +0.6,$$

β - NM 直線において、 ΔYL に対するグレード $Y\beta$ (NM) は、

$$Y\beta(NM) = \{ (0-1) / (c-b) \} * (\beta-b) + 1 = +0.05,$$

である。したがって、小さい方の値 $Y\beta$ (NM) = +0.05 を採用する。一方、偏位量 (YL) がファジィ集合 NM に属し、かつ偏位量の変化率 (ΔYL) がファジィ集合 NM に属する場合、図 9 に示す表にしたがって操作量の増分 (ΔuLY) のファジィ集合として PM が選択される。よって、後件部における PM 関数で、 $p=+1$ 、 0 、 $r=+2/3$ 、 $t=+1/3$ であるから、 q 、 s は、

$$q = \{ (r-p) / (1-0) \} * \{ Y\beta(NM) - 0 \} + p = +0.98$$

$$s = \{ (t-r) / (0-1) \} * \{ Y\beta(NM) - 1 \} + r = +0.35 \quad \text{となる。したがって、台形部分の面積 SB は、}$$

$$SB = \{ |s-q| + |t-p| \} Y\beta(NM) / 2 = (0.63 + 0.67) * 0.05 / 2 = 0.033 \quad \text{となる。また、重心点の X 座標は、} X = f = +2/3 \text{ である。}$$

【0035】(C) 偏位量 (YL) = NB、かつ、偏位量の変化率 (ΔYL) = NS の場合 (図 15 参照)、 α 50

12

- NB 直線において、YL に対するグレード $Y\alpha$ (NB) は、

$$Y\alpha(NB) = \{ (0-1) / (b-a) \} * (\alpha-a) + 1 = +0.40$$

β - NS 直線において、 ΔYL に対するグレード $Y\beta$ (NS) は、

$$Y\beta(NS) = +0.95$$

である。したがって、小さい方の値 $Y\alpha$ (NB) = +0.40 を採用する。一方、偏位量 (YL) がファジィ集合 NB に属し、かつ偏位量の変化率 (ΔYL) がファジィ集合 NS に属する場合、図 9 に示す表にしたがって操作量の増分 (ΔuLY) のファジィ集合として PM が選択される。よって、後件部における PM 関数で、 $p=+1$ 、 0 、 $r=+2/3$ 、 $t=1/3$ であるから、 q 、 s は、

$$q = \{ (r-p) / (1-0) \} * \{ Y\alpha(NB) - 0 \} + p = +0.87$$

$$s = \{ (t-r) / (0-1) \} * \{ Y\alpha(NB) - 1 \} + r = +0.47 \quad \text{となる。したがって、台形部分の面積 SC は、}$$

$$SC = \{ |s-q| + |t-p| \} Y\alpha(NB) / 2 = (0.40 + 0.67) * 0.40 / 2 = 0.21 \quad \text{となる。また、重心点の X 座標は、} X = f = +2/3 \text{ である。}$$

【0036】(D) 偏位量 (YL) = NB、かつ、偏位量の変化率 (ΔYL) = NM の場合 (図 16 参照)、 α - NB 直線において、YL に対するグレード $Y\alpha$ (NB) は、

$$Y\alpha(NB) = +0.40$$

β - NM 直線において、 ΔYL に対するグレード $Y\beta$ (NM) は、

$$Y\beta(NM) = \{ (0-1) / (c-b) \} * (\beta-b) + 1 = 0.05$$

である。したがって、小さい方の値 $Y\beta$ (NM) = +0.05 を採用する。一方、偏位量 (YL) がファジィ集合 NB に属し、かつ偏位量の変化率 (ΔYL) がファジィ集合 NM に属する場合、図 9 に示す表にしたがって操作量の増分 (ΔuLY) のファジィ集合として PB が選択される。よって、後件部における PB 関数で、 $p=+2/3$ 、 $r=+1.0$ であるから、 q 、 s は、 $q = \{ (r-p) / (1-0) \} * \{ Y\beta(NM) - 0 \} + p = +0.68$ となる。したがって、台形部分の面積 SD は、

$$SD = \{ |r-q| + |r-p| \} * Y\beta(NM) / 2 = (0.32 + 0.33) * 0.05 / 2 = 0.016 \quad \text{となる。さ$$

て、台形内の三角形、矩形の面積をそれぞれ $S1$ 、 $S2$ とすると、

$$S1 = |q-p| * Y\beta(NM) / 2 = 0.00025,$$

$$S2 = |r-q| * Y\beta(NM) = 0.016 \quad \text{となる。p}$$

点から三角形、矩形の X 軸上の重心点までの距離をそれぞれ $L1$ 、 $L2$ とし、台形の重心までの距離を $L3$ とすると、

$$L3 = (S1 * L1 + S2 * L2) / S, \quad L1 = (q-p) *$$

13

2/3、

 $L2 = \{r - (r - q) / 2\} + (q - p)$ であるから、

 $L1 = +0.009$ 、 $L2 = +0.85$ 、 $L3 = +0.85$ となる。

【0037】これで4組のMIN条件が揃ったことになる。これから結論部でMAXをとる。整理すると、

(A) の場合、 $SA = 0.28$ 、 $LA = +1/3$ (B) の場合、 $SB = 0.033$ 、 $LB = +2/3$ (C) の場合、 $SC = 0.21$ 、 $LC = +2/3$ (D) の場合、 $SD = 0.016$ 、 $LD = +0.85$

となる。したがって、後件部のメンバーシップ関数の出力部のファジ変数(重心点の値)を $X0$ とすると、

 $X0 = (SA * LA + SB * LB + SC * LC + SD * LD) / S = +0.5$ となる。ただし、 $S = SA + SB + SC + SD$ である。最後に、規格値での推論を物理量(操作量)に戻して、

 $\Delta uLY = +15 \text{ sec} * (+0.5) / (+1.0) = +7.5 \text{ sec}$

と決定する。これは、図4において、偏位量管理点Aについて偏位修正板(8)を伸ばすために7.5秒間オイルを供給することに対応する。同様に、偏位量管理点B、C、Dについてファジ推論を施して、全ての偏位量管理点について、X、Yの両方向の制御を行う。なお、上記変位管理点A、B、C、Dにおける制御において、管理点A、Cの目標基準に対する位置において、A、Cの符号が同符号の場合、管理点Cにおける制御のみを実施し、管理点Aにおける制御は無視する。また、管理点A、Cの符号が異符号の場合、両管理点A、Cにおける制御を実施する。

【0038】上述したように、偏位修正制御はプロダクションルールとファジ推論を駆使して4つの偏位管理点(A、B、C、D)に対しそれぞれ独立にY軸方向に4つの操作量を決定し、さらに上下2つのX軸方向に2つの操作量を決定している。これらの制御結果から時々刻々変わる制御性能を評価し、ゲイン調整をするのがゲイン調整のための学習制御であり、上記4つのポイントに対し、6つのゲイン増減分を決定する。偏位修正制御ではT1秒毎に(周期で)操作量の増分を決定し、アクチュエータ(偏位修正板用油圧シリンダ)に伸縮の制御を行うが、学習制御によるゲイン調整はT2秒毎に(周期で)ゲインの増減分を決定し、偏位修正制御から導出された操作量を修正する。但し、 $T2 \gg T1$ とする。

【0039】初期状態でゲインは1である。時間が経過して今時刻が(k)かつ(i)になったものとする。この時点で、時刻(i+1)に向かって学習制御を含めた最終的な偏位修正操作量の増分を、 $\Delta'' uLY(i)$ とし、学習制御に依らずT1sec周期で求めた偏位修正操作量の、時刻(i+1)に向かっての増分を ΔuLY

(i)とする。前回の学習制御時刻(k-1)で、学習
偏位量の規格値: +9.0mm

14

制御を含めて導出したトータルゲインを $g(k-1)$ とする。今回、時刻(k=i)で時刻(i+1)に向かって得たゲインの増分を $\Delta g(k)$ とし、トータルゲインを $g(k)$ とすると、

 $\Delta'' uLY(i) = g(k) * \Delta uLY(i) = \{g(k-1) + \Delta g(k)\} * \Delta uLY(i)$ となる。

【0040】したがって、今回、時刻(k=i)で、時刻(i+1)に向かって学習制御(ゲイン調整制御)を含めたトータル偏位修正操作量を $uLY(i)$ とし、時刻(i-1)に、時刻(i)に向かって学習制御を含めたトータル偏位修正操作量を $uLY(i-1)$ であるとすると、

 $uLY(i) = uLY(i-1) + \Delta'' uLY(i) = uLY(i-1) + \{g(k-1) + \Delta g(k)\} * \Delta uLY(i)$

となる。したがって、

 $g(k) = g(k-1) + \Delta g(k)$

となり、ゲイン調整の学習制御は位置型制御となる。この時、偏位修正制御の実際の操作量(出力)は増分のみで $\Delta'' uLY(i)$ であり、速度型制御である。ところで、学習制御のための評価方法はいろいろ考えられるが、ここでは、ゲイン調整周期期間のT2sec間の平均値(正しくは、自乗和の平均値の平方根: 符号があるからである)および偏位量の符号反転度数にファジ推論を施す。このファジ推論について説明すると以下のようになる。

【0041】図19ないし図22に記載された図形は、偏位量の平均値(ψ)のメンバーシップ関数、偏位量の符号反転度数(M)のメンバーシップ関数、ゲイン調整量(Δg)のメンバーシップ関数を4つのケースごとに示した例を示す。また、図23において、NB、NS、Z0、PB、PSはゲイン調整量のファジ集合であり、それぞれは以下のような意味づけがされる。

NB: ゲインを大きく減少させる。 NS: ゲインを少し減少させる。

Z0: ゲインを変更しない。 PB: ゲインを大きく増加させる。

PS: ゲインを少し増加させる。

【0042】ここで、物理量の規格化をする。

(イ) 偏位量の平均値: ψ

偏位量は符号が正、負をとるため、10回の平均値を次式のように定義する。

$$p = \{(\sum YL(i)^2) / N\}^{1/2} \quad \text{ただし、} N = 10$$

今、以下のようなデータを得たとすると、

YL(1) = 15mm、YL(2) = -10mm、YL(3) = 32mm、
YL(4) = 12mm、YL(5) = -28mm、YL(6) = 8mm、
YL(7) = -6mm、YL(8) = 11mm、YL(9) = -16mm、
YL(10) = 13mm

$$p = (2923/10)^{1/2} = +17.1 \text{ mm}$$

0mm 設定可変

15

規格値 : +1.0

したがって、上記の計算例では、平均値に対する規格値 a は、 $a = (+1.0) * (+17.1) / (+90) = +0.19$ となる。

符号反転度数: 9回

規格値 : +1.0

したがって、今、符号反転度数が4回であったとすると、その規格値 a は、 $a = (+1.0) * 4/9 = +4.44$ ※

ゲイン調整量: +0.5

規格値 : +1.0

したがって、今、ゲイン調整量が+0.2の場合、それに対する規格値 a は、 $a = (+1.0) * (+0.2) / (+0.5) = +0.4$ となる。

【0045】さて、図19ないし図22に示すように、偏位量の平均値 (ψ)、偏位量の符号反転度数 (M) において、以下の4つのケースを考える。

(a) $\psi = B$ 、かつ、 $M = B$ (b) $\psi = B$ 、かつ、 $M = S$ (c) $\psi = S$ 、かつ、 $M = B$ (d) $\psi = S$ 、かつ、 $M = S$

【0046】今、制御量の規格値がそれぞれ、偏位量の平均値: $\psi(1) = +0.82$ 、符号反転度数: $M(1) = +0.23$ であったとする。そして、上述した偏位量 (Y_L) と偏位量の変化率 (ΔY_L) にファジィ推論を施した場合と同様にして、それぞれのグレード (適合度) を求める。(a)の場合、 ψ に対するグレード Y_ψ は+0.64であり、 M に対するグレード Y_M は+0.23である。したがって、小さい方の値のグレード $Y_M = +0.23$ を採用する。一方、 ψ がファジィ集合Bに属し、かつ、 M がファジィ集合Bに属する場合、図23に示す表にしたがってゲインの調整量 (Δg) のファジィ集合としてNBが選択される。また、図19に示すゲイン調整量 (Δg) のメンバーシップ関数において、NB関数の直線と、グレード $Y_M = +0.23$ の直線と、X軸とで囲まれる台形の面積 $SA = 0.0989$ となり、台形の重心点 $LA = -0.738$ となる。

【0047】(b)の場合、 ψ に対するグレード Y_ψ は+0.64であり、 M に対するグレード Y_M は+0.77である。したがって、小さい方の値のグレード $Y_\psi = +0.64$ を採用する。一方、 ψ がファジィ集合Bに属し、かつ、 M がファジィ集合Sに属する場合、図23に示す表にしたがってゲインの調整量 (Δg) のファジィ集合としてPBが選択される。また、図20に示すゲイン調整量 (Δg) のメンバーシップ関数において、PB関数の直線と、グレード $Y_\psi = +0.64$ の直線と、X軸とで囲まれる台形の面積 $SB = 0.2176$ となり、台形の重心点 $LB = -0.713$ となる。

【0048】(c)の場合、 ψ に対するグレード Y_ψ は+0.36であり、 M に対するグレード Y_M は+0.23である。したがって、小さい方の値のグレード $Y_M = +0.$

16

0

*【0043】(ロ) 偏位量の符号反転度数: M

符号反転の最大回数は9回、最小回数は0回とする。

0回 設定変更

0

※となる。

【0044】(ハ) ゲイン調整量: Δg

-0.5 設定変更

-1.0

23を採用する。一方、 ψ がファジィ集合Sに属し、かつ、 M がファジィ集合Bに属する場合、図23に示す表にしたがってゲインの調整量 (Δg) のファジィ集合としてNSが選択される。また、図21に示すゲイン調整量 (Δg) のメンバーシップ関数において、NS関数の直線と、グレード $Y_M = +0.23$ の直線と、X軸とで囲まれる台形の面積 $SC = 0.20355$ となり、台形の重心点 $LC = -0.5$ となる。

【0049】(d)の場合、 ψ に対するグレード Y_ψ は+0.36であり、 M に対するグレード Y_M は+0.77である。したがって、小さい方の値のグレード $Y_\psi = +0.36$ を採用する。一方、 ψ がファジィ集合Sに属し、かつ、 M がファジィ集合Sに属する場合、図23に示す表にしたがってゲインの調整量 (Δg) のファジィ集合としてPSが選択される。また、図22に示すゲイン調整量 (Δg) のメンバーシップ関数において、PS関数の直線と、グレード $Y_\psi = +0.36$ の直線と、X軸とで囲まれる台形の面積 $SD = 0.2952$ となり、台形の重心点 $LD = +0.5$ となる。

【0050】そして、結論部でMAX処理をする。そのメンバーシップ関数の出力部のファジィ変数 (重心点の値) を X_0 とすると、

$$S * X_0 = SA * LA + SB * LB + SC * LC + SD * LD$$

であるから、(ただし、 $S = SA + SB + SC + SD$)

$$X_0 = (SA * LA + SB * LB + SC * LC + SD * LD) / S = +0.157$$

となる。したがって、ゲイン調整量 Δg を求めると、

$$\Delta g = +0.5 * (+0.157) / (+1.0) = +0.0785$$

となる。前回 (T_{2sec} 前) のゲインを $g(k-1)$ とし、今回のゲインを $g(k)$ とすると、
 $g(k) = g(k-1) + 0.0785$ となり、前回よりもゲインを少し上げることになる。

【0051】次に、本発明の掘削機の掘削速度制御方法の一例について説明する。上述したようにして、偏位修正制御およびゲイン調整制御を行うが、これら制御にも拘らず、偏位量が管理値以内にコントロールできず、自動運転による可制御状態から逸脱する状況があり得る。最終的には自動運転のままで掘削速度を減速 (または貫入力を小さく) して状況を回復させるか、それでも回復が思わしくない場合には手動運転に切り替えて掘削を進

める。また、自動運転状態で偏位量の推移が極めて安定している場合は掘削時間を短縮するために増速（または貫入力を大きく）させる。

【0052】掘削速度（貫入力）イキ値制御では以下の2項目について上下限值（上限値、下限値ともに設定可変）を設定（イキ値という）し、計測値の状況によって、“増速せよ”、“減速せよ”または“貫入力を大きくせよ”、“貫入力を小さくせよ”のメッセージを出してオペレータに指示を与えるものである。指示を受けたオペレータは手動により増減速の操作をする。

【0053】すなわち、図24に示すように、掘削機本体の傾斜角（分）における管理限界上限値を ϕx 、 ϕy 、管理限界下限値を ωx 、 ωy 、管理限界トータル偏位量（mm）：偏位量管理点C、Dの偏位量の管理限界上限値を Φx 、 Φy 、管理限界下限値を Ωx 、 Ωy 、それぞれの計測値を ΘX 、 ΘY 、 $X(C)$ 、 $Y(C)$ 、 $X(D)$ 、 $Y(D)$ とすると、

(イ) “減速せよ”または“貫入力を小さくせよ”のメッセージを出す条件は、“ $|\Theta x| > \phi x$ または $|\Theta y| > \phi y$ ”または、“ $|X(C)| > \Phi x$ または $|Y(C)| > \Phi y$ ”または、“ $|X(D)| > \Phi x$ または $|Y(D)| > \Phi y$ ”である。

(ロ) “増速せよ”または“貫入力を大きくせよ”のメッセージを出す条件は、“ $|\Theta x| < \omega x$ かつ $|\Theta y| < \omega y$ ”かつ、“ $|X(C)| < \Omega x$ かつ $|Y(C)| < \Omega y$ ”かつ、“ $|X(D)| < \Omega x$ かつ $|Y(D)| < \Omega y$ ”である。

(ハ) 上記条件以外のときは現状維持とし特にメッセージは出さないこととする。

【0054】このようにして掘削機の掘削速度の制御を行うことにより、偏位量の推移が極めて安定している場合は、掘削速度を増速して掘削時間を短縮することができ、一方、偏位量が管理値外（上下限值より外側）にある場合は、掘削速度を減速して、偏位量の修正回復を速やかに行うことができる。

【0055】なお、上記実施例では三角形型のメンバーシップ関数を使用してファジィ制御を行ったが、該メンバーシップ関数の変更（チューニング）は以下のようにして簡易化することができる。すなわち、従来、市販のファジィ制御パッケージソフトでは三角形型メンバーシップ関数の変更において、変更したい三角形の底辺の端部または頂点の座標を数値入力することにより行っていた。シミュレーションまたは実機でのチューニングには試行錯誤を要し、数値入力によるメンバーシップ関数の変更には多大の労力と時間を費やした。また、ファジィ制御の性質から初期のシミュレーションまたはチューニングにおいて、傾向の把握、確認が重要であり、微細な数値の設定を必要としない場合が多い。

【0056】そこで、三角形型メンバーシップ関数の三角形の形状を変更したい場合、その三角形の底辺の端部

なり頂点にカーソルを合わせ、そのポイントを確定して（リターンキーを押し下げて）、左右の矢印キー（カーソルキー）を約設定したい場所まで水平移動させ、その場所まで移動させたらリターンキーで新たな位置を確定する方式にした。

【0057】図25に操作例を示す。今、偏位管理点（A）のY方向偏位量の感度を上げるために、ファンクションキーf2を選択した。Z0三角形の底辺を小さくするために、Z0三角形の底辺の左端に矢印キーでカーソルを合わせてリターンキーを押下すると矢印キーの操作で微小調整ができる。矢印キーを連続して押下し続けられれば、連続的に水平移動が可能である。最終的に調整完了した状態が下段の図である。この方式の採用によりシミュレーション操作の労力と時間を大幅に減少することができる。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1および2の発明によれば、掘削中における掘削機の位置の制御目標に対する偏位量、および偏位量の変化率に対してファジィ推論を施して、ジャッキ部の伸縮を、所定の短周期ごとに制御するとともに、偏位量の平均値、および偏位量の正負の符号反転度数にファジィ推論を施して、前記ジャッキ部の伸縮を前記短周期より長い長周期ごとに制御したので、偏位修正制御部による制御結果から時々刻々変わる制御性能を評価し、ゲイン調整制御部によってゲインを調整して、偏位修正制御部から導出された操作量（ジャッキ部の伸縮操作量）を修正することができる。したがって、オペレータの技量等に左右されることなく、掘削機の目標からのズレ（偏位）を自動的にかつ確実に修正することができる。

【0059】また、請求項3の発明によれば、掘削機の自動偏位修正方法によって、掘削機の偏位を修正しつつ該掘削機によって掘削を行うに際し、該掘削機の本体傾斜角および偏位量に対して上限値と下限値を設定し、この上限値と下限値との間の管理値内に前記掘削機が偏位している場合は、掘削機の掘削速度を増速し、また、前記管理値外に前記掘削機が偏位している場合は、掘削機の掘削速度を減速するようにしたので、偏位量の推移が極めて安定している場合は、掘削速度を増速して掘削時間を短縮することができ、一方、偏位量が管理値外（上下限值より外側）にある場合は、掘削速度を減速して、偏位量の修正回復を速やかに行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る掘削機の一実施例を示す縦断面図である。

【図2】本発明に係る掘削装置の一実施例を示す構成図である。

【図3】同制御系のブロック図である。

【図4】偏位修正板の位置を示す斜視図である。

【図5】ワイヤによって吊り下げられた掘削機を上方か

ら見た図である。

【図6】偏位量のメンバーシップ関数を示すグラフである。

【図7】偏位量の変化率のメンバーシップ関数を示すグラフである。

【図8】操作量の増分のメンバーシップ関数を示すグラフである。

【図9】プロダクションルールの表を示す図である。

【図10】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図11】図6における要部を示すグラフである。

【図12】図7における要部を示すグラフである。

【図13】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図14】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図15】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図16】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図17】メンバーシップ関数の後件部を示すグラフである。

【図18】メンバーシップ関数の後件部を示すグラフで

ある。

【図19】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図20】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図21】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図22】メンバーシップ関数を示すグラフである。

【図23】プロダクションルールの表を示す図である。

【図24】イキ値制御を説明するための説明図である。

【図25】メンバーシップ関数のチューニングの方法を説明するための説明図である。

10 【符号の説明】

5 掘削機

6 掘削機本体

18, 19, 20 偏位修正板

25 油圧ジャッキ (ジャッキ部)

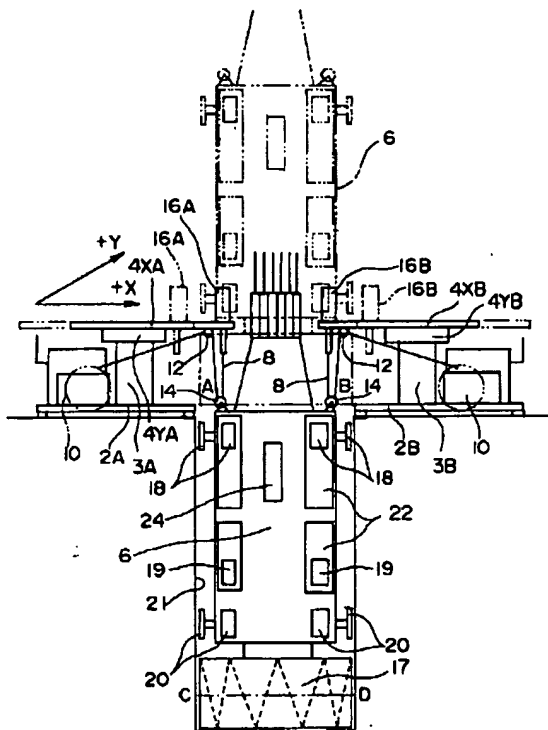
34 計測演算処理部

37 偏位修正制御部

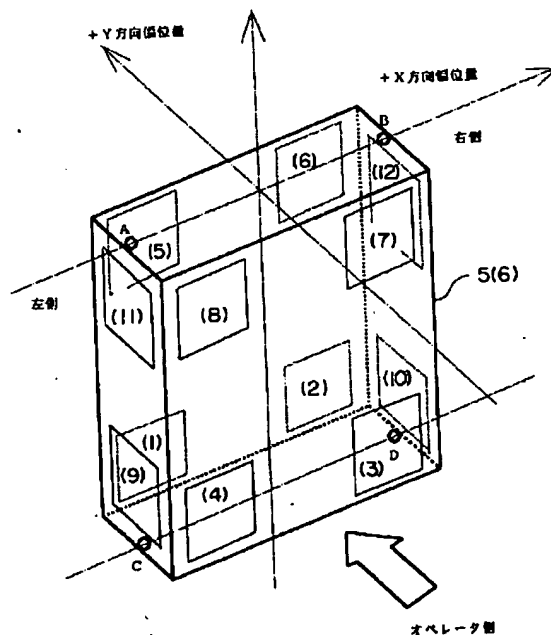
38 ゲイン調整制御部

A, B, C, D 偏位置管理点

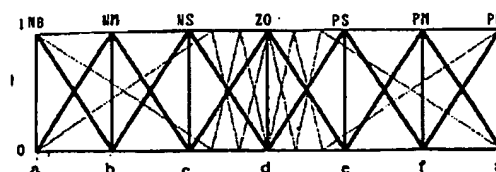
【図1】



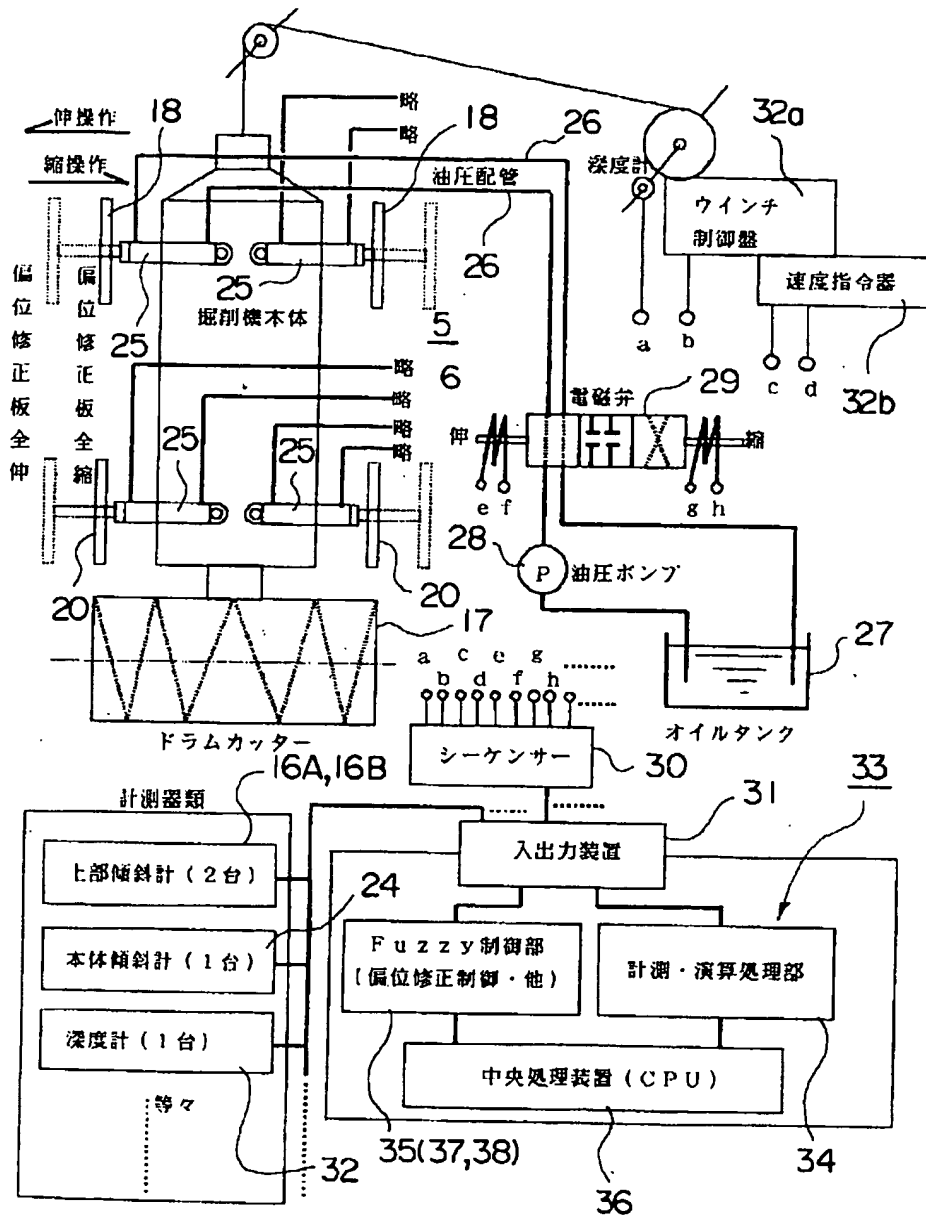
【図4】



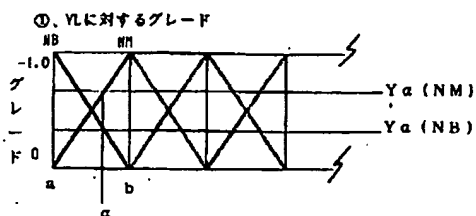
【図10】



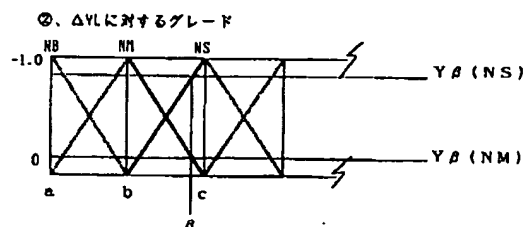
【図2】



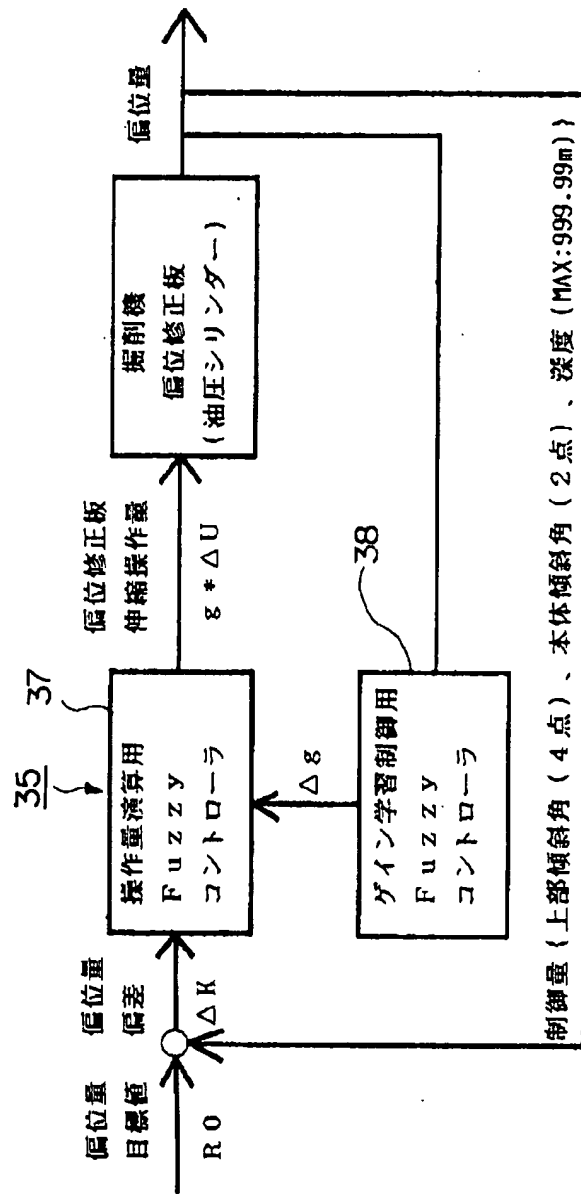
【図11】



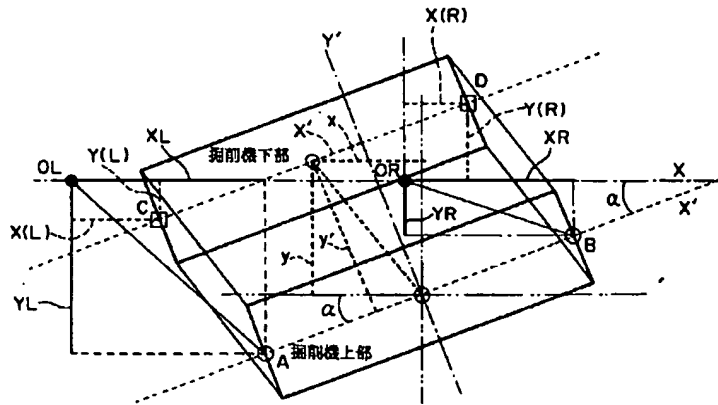
【図12】



【図3】



【図5】

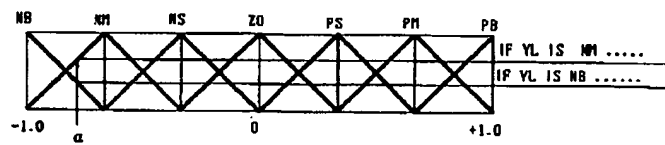


【図23】

偏差量 Δg		偏差量の符号反転度M	
		B多	S少
偏差量の平均値 Φ	B大	NB	PB
	S中	NS	PS
	Z小	ZO	ZO

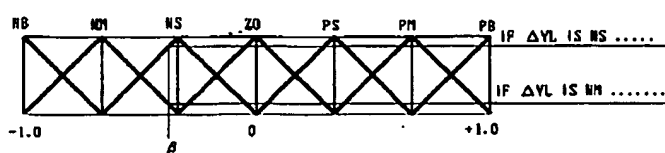
【図6】

VL(i)のメンバーシップ関数(偏差量)

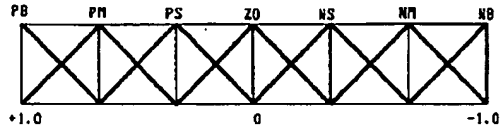


【図7】

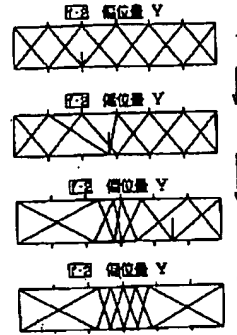
$\Delta VL(i) = VL(i) - VL(i-1)$ のメンバーシップ関数(偏差量の変化率)



【図8】

 $\Delta uLY(i)$ のメンバーシップ関数（操作量の増分）

【図25】

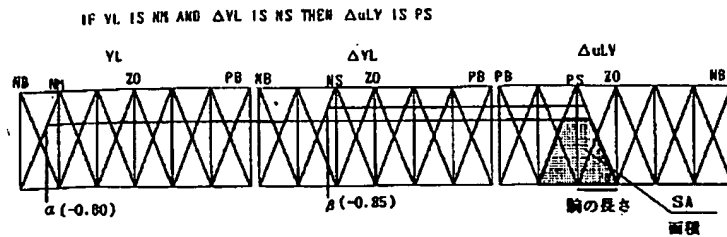


【図9】

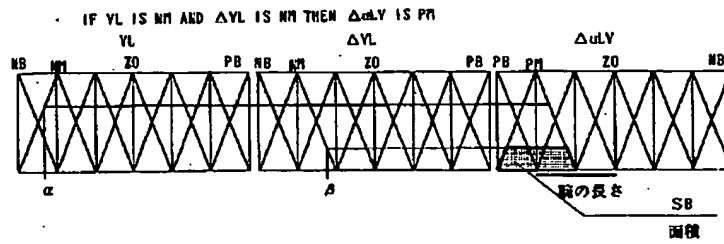
偏位置管理点A、B、C、DのそれぞれX、Y方向で独立にルールを有する。

$\Delta uLY(i)$		$\Delta YL(i)=YL(i)-YL(i-1)$: 偏位置の変化率 (20sec間隔)						
操作量 (増分)		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
YL(i) 偏位置	NB	PS	PS	PM	PM	PS	ZO	ZO
	NM	PS	PM	PS	PS	ZO	ZO	ZO
	NS	PM	PS	PS	ZO	ZO	ZO	NS
	ZO	PM	PS	ZO	ZO	ZO	NS	NM
	PS	PS	ZO	ZO	ZO	NS	NS	NM
	PM	ZO	ZO	ZO	NS	NS	NM	PS
	PB	ZO	ZO	NS	NM	NM	PS	PS

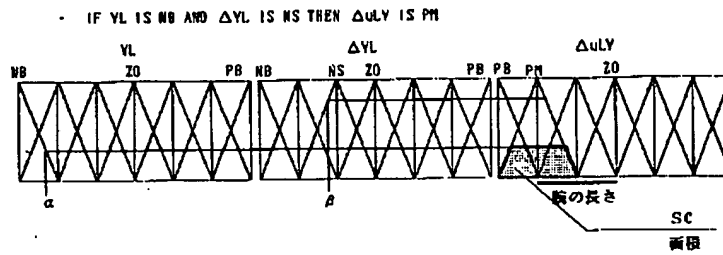
【図13】



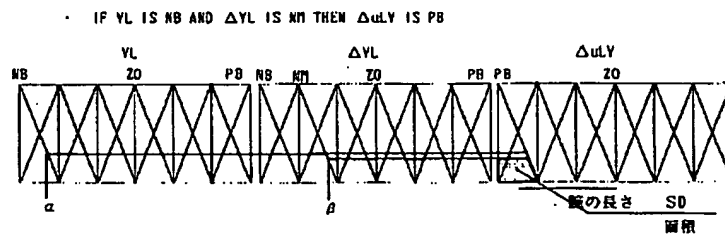
【図14】



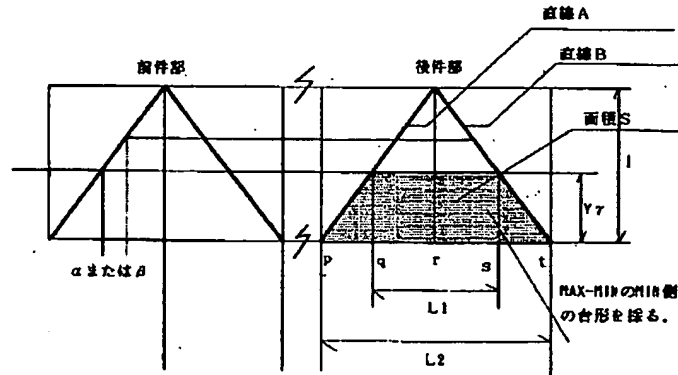
【図15】



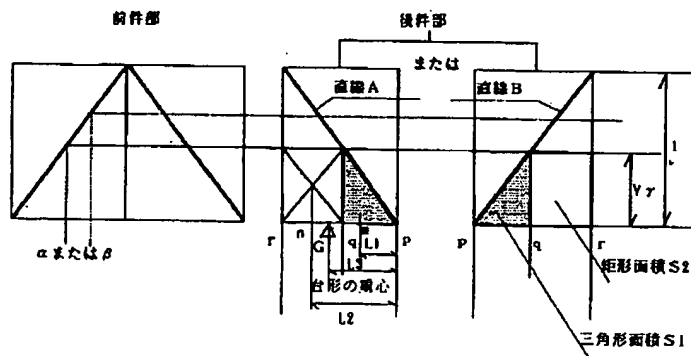
【図16】



【図17】

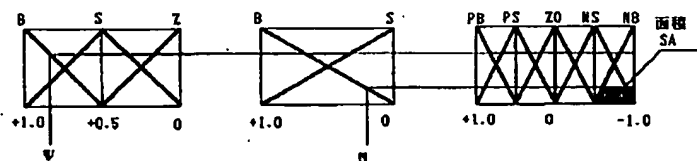


【図18】



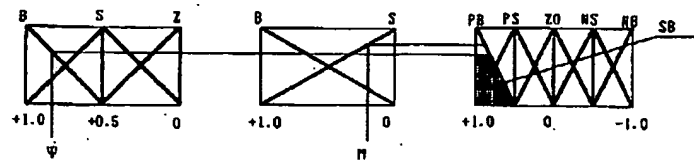
【図19】

IF Ψ IS B AND Π IS B THEN Δ IS NB



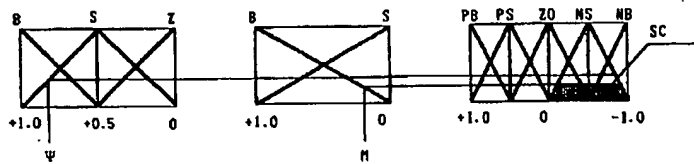
【図20】

IF Ψ IS B AND Π IS S THEN Δx IS PB



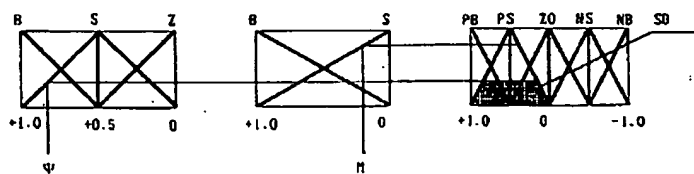
【図21】

IF Ψ IS S AND Π IS B THEN Δx IS NS

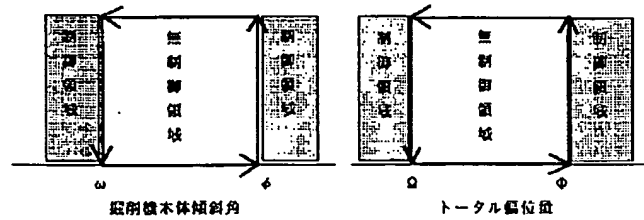


【図22】

IF Ψ IS S AND Π IS S THEN Δx IS PS



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 勝吉 忠市
東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設
株式会社内

(72)発明者 中原 邦昭
東京都港区芝浦一丁目2番3号 清水建設
株式会社内